

Parc éolien  
en mer de Fécamp

## Mât de mesure de Fécamp – Test de suivi acoustique des oiseaux

**Rapport**

Eoliennes Offshore des Hautes-  
Falaises

08/07/2021

  
biotopé

<b>Citation recommandée</b>	Biotope, 2021. Mat de mesure de Fécamp – Test de suivi acoustique des oiseaux.	
Version/Indice	V2	
Date	08/07/2021	
Nom de fichier	FEC-MSu5-Suivi radar et acoustique-Etat Ref-EOHF-BIOTOPE-Rapport_acoustique	
N° de contrat	45000 30429	
Maître d'ouvrage	Eoliennes Offshore des Hautes-Falaises	
Interlocuteurs	Pierre DUTHION	Pierre.Duthion@edf-re.fr
	Clémence SORET	Clemence.Soret@edf-re.fr
	Camille SENN	Camille.Senn@edf-re.fr
	Maelle BRETON	Maelle.Breton@edf-re.fr
Biotope, Responsable du projet	Vincent DELCOURT	vdelcourt@biotope.fr Tél : 06 24 47 75 58
Biotope Expert ornithologue	Willy RAITIERE	wraitiere@biotope.fr

---

Biotope est signataire de la « [Charte d'Engagement des Bureaux d'Études dans le domaine de l'évaluation environnementale](#) ».

---



## Sommaire

<b>1</b>	<b>Contexte de l'étude, matériel et méthode</b>	<b>7</b>
<b>1</b>	<b>Contexte de l'étude</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Matériel</b>	<b>9</b>
2.1	Coffret autonome	9
2.2	Détecteur	9
2.3	Microphone	10
<b>3</b>	<b>Paramétrage</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Période d'enregistrement</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Exploration des données</b>	<b>12</b>
<b>1</b>	<b>Nombre de données</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>Exploration des données</b>	<b>13</b>
2.1	Recherche d'événements d'intérêt	13
2.2	Tests de détection automatisée	15
2.3	Conclusion sur la méthode	17
<b>3</b>	<b>Quelques résultats</b>	<b>18</b>
<b>1</b>	<b>Bruit ambiant</b>	<b>19</b>
<b>2</b>	<b>Exemple d'analyses</b>	<b>19</b>
2.1	Nuit du 31 août au 1 <sup>er</sup> septembre 2020	19
2.2	Nuit partielle du 13 au 14 octobre 2020	20
2.3	Matin du 17 octobre	21
<b>3</b>	<b>Exemples de sonagrammes d'oiseaux détectés</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>Conclusion</b>	<b>27</b>

## Sommaire des illustrations

Figure 1 : photo du coffret et de sa fixation sur la plateforme	9
Figure 2 : photo de l'enregistreur SM4 WildLife Acoustics	10
Figure 3 : photo du micro et de sa localisation sur le mat de mesure	10
Figure 4 : vue d'ensemble de la plateforme	11
Figure 5 : sonagramme de vocalises de Sterne caugek	13
Figure 6 : sonagramme de cris de Rougegorge familier	14
Figure 7 : exemple de sonagramme montrant un bruit électronique	14
Figure 8 : exemple de sonagramme montrant différents bruits parasites	15
Figure 9 : exemple de sonagramme saturé par les bruits de fond	15
Figure 10 : exemple de faux-positifs et d'une vocalise d'oiseau	16
Figure 11 : exemple de sonagramme d'un cri de Grive mauvis	17
Figure 12 : exemple de sonagramme avec plusieurs cris de Grive mauvis	20
Figure 13 : exemple de sonagramme lors du pic d'activité pour le matin du 17 octobre 2020 (durée 10 sec)	21
Figure 14 : autre exemple de sonagramme lors du pic d'activité pour le matin du 17 octobre 2020 (durée : 30 sec)	21
Figure 15 : sonagramme de cris de Courlis corlieu	22
Figure 16 : sonagramme de cri de Pluvier argenté	22
Figure 17 : sonagramme de cris d'Huîtrier-pie	22
Figure 18 : sonagramme de cris de Chevalier gambette	23
Figure 19 : sonagramme de cris de Chevalier aboyeur	23

Figure 20 : sonagramme de cris de Chevalier culblanc	23
Figure 21 : sonagramme de cris de Chevalier guignette	24
Figure 22 : sonagramme de cris de Héron cendré	24
Figure 23 : sonagramme de cris de Sterne caugek	24
Figure 24 : sonagramme de cris de Grive mauvis	25
Figure 25 : sonagramme de cris de Grive musicienne	25
Figure 26 : sonagramme de cris de Merle noir	25
Figure 27 : sonagramme de cris de Rougegorge familier	26
Figure 28 : sonagramme de cris de Roitelet huppé	26
Figure 29 : sonagramme de cris de Gobemouche noir	26
Figure 30 : sonagramme de cris de Bergeronnette printanière	27

1

Contexte de l'étude, matériel  
et méthode

## 1 Contexte de l'étude, matériel et méthode

### 1 Contexte de l'étude

Suite à différents échanges et à une demande de la Direction de projet, il a été demandé à Biotope de réaliser un test d'acquisition de données acoustiques pour les oiseaux.

Les retours d'expérience montrent en effet que l'acquisition peut se révéler délicate dans le domaine d'émission des oiseaux, notamment en lien avec les bruits externes liés à l'environnement du micro, et aux bruits électro-magnétiques.

Par ailleurs, il est connu que les oiseaux en mer sont peu loquaces, et que les oiseaux migrateurs nocturnes émettent peu de cris et peuvent voler à des hauteurs importantes et donc souvent en dehors du volume de détection du microphone.

Enfin, l'analyse des données est complexe et dépend directement du niveau de bruit présent dans les enregistrements et de la qualité des signaux acoustiques d'oiseaux enregistrés. Sans connaissance de ces paramètres, il est difficile de se prononcer sur les possibilités d'analyse des données, en termes de détection d'événements positifs (cris ou chants d'oiseaux) et d'identification des espèces ou groupes d'espèces.

Un test a été réalisé en 2020, avec installation d'un enregistreur dédié à l'avifaune dans un coffret autonome avec alimentation externe (panneau solaire). Cette configuration permettait d'envisager un enregistrement pendant 3 mois, sous réserve d'absence de problèmes techniques ou de saturation de la mémoire interne.

Concernant l'analyse des données, l'objectif était de réaliser des tests de traitements à l'aide de logiciels dédiés au traitement automatisé de sons sur 14 jours de données maximum. Cette durée permet d'obtenir suffisamment d'informations sur les possibilités d'analyse (il s'agit d'une exploration des données et non d'une analyse fiabilisée), tout en limitant le temps et donc le coût associé.

La prestation intégrait :

- La fourniture d'un enregistreur acoustique avec autonomie (électrique et mémoire) limitée + 1 micro avec câble de 50 mètres
- La préparation du matériel pour son intégration au mat
- L'assistance à l'installation du matériel lors de l'intervention d'installation du nouveau radar
- Le paramétrage de l'enregistreur
- Les tests d'analyse des données
- Un compte-rendu succinct d'expérimentation
- Une obligation de moyens mais pas de résultats

## 1 Contexte de l'étude, matériel et méthode

### 2 Matériel

#### 2.1 Coffret autonome

Le système d'enregistrement acoustique est intégré dans un coffret autonome, alimenté par panneau solaire et pack batterie.

Le coffret était installé sur la plateforme du mat de mesure, sur le garde-corps sud.



Figure 1 : photo du coffret et de sa fixation sur la plateforme

#### 2.2 Détecteur

Le détecteur utilisé est un Song Meter SM4 de Wildlife Acoustics.

## 1 Contexte de l'étude, matériel et méthode



Figure 2 : photo de l'enregistreur SM4 WildLife Acoustics

### 2.3 Microphone

Le microphone utilisé est un micro SMM-A2 avec câble de 80 mètres.

Le microphone était installé au sommet du mat de mesure

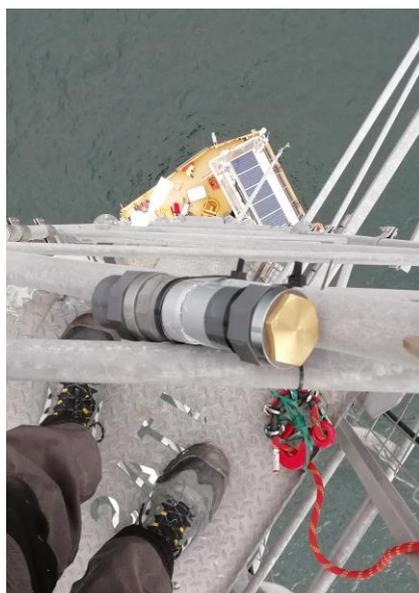


Figure 3 : photo du micro et de sa localisation sur le mat de mesure

## 1 Contexte de l'étude, matériel et méthode



Figure 4 : vue d'ensemble de la plateforme

### 3 Paramétrage

Le détecteur a été configuré pour enregistrer dans l'audible (entre 0 et 12 kHz environ) en continu, en créant un fichier toutes les 10 minutes.

### 4 Période d'enregistrement

Le système a été installé le 18 juin 2020 et désinstallé le 03 décembre 2020.

Le système étant alimenté par panneau solaire secouru par une batterie, il a fonctionné en continu jusqu'à la date de désinstallation. Le taux de remplissage des cartes mémoire à cette date était de 66%.

2

## Exploration des données

## 2 Exploration des données

### 1 Nombre de données

Le système a fonctionné sur toute la période d'installation, soit une durée de 168 jours.

Un total conséquent de 24 000 fichiers ont été créés pour 340 Go de données, soit une taille moyenne de fichier de 14 Mo.

### 2 Exploration des données

#### 2.1 Recherche d'événements d'intérêt

La première phase de l'analyse a consisté à étudier manuellement les enregistrements à différentes périodes, afin de :

- Trouver des séquences d'intérêt (ie cris d'oiseaux)
- Caractériser le bruit ambiant

##### 2.1.1 Exemples de séquences d'intérêt

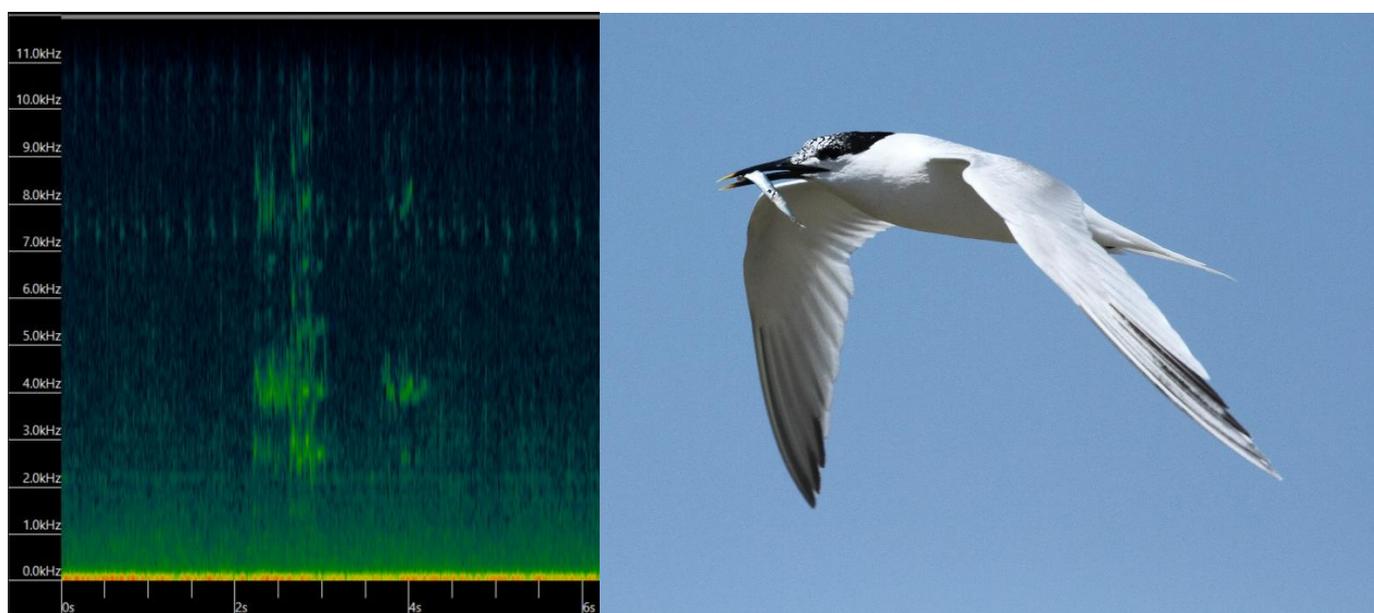


Figure 5 : sonagramme de vocalises de Sterne caugek

## 2 Exploration des données

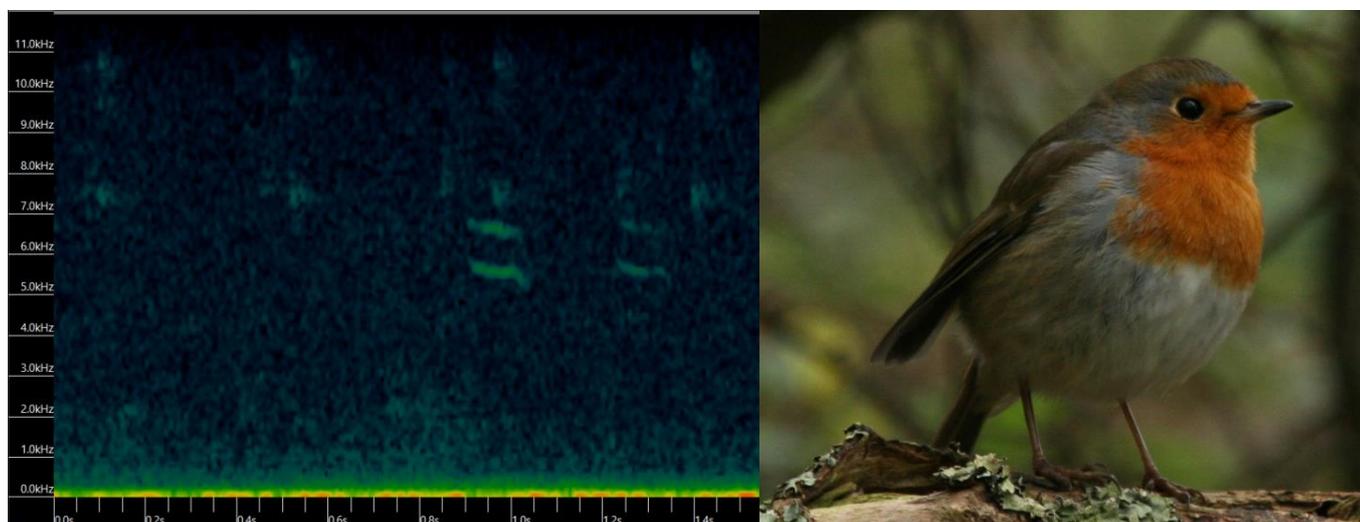


Figure 6 : sonogramme de cris de Rougegorge familier

Les sons enregistrés forment des traces vertes plus ou moins prononcées sur les sonogrammes. Plus la trace est vert clair et plus le son est fort et net. En fonction de la forme de la trace verte, de sa fréquence (axe des ordonnées) et de sa durée (axe des abscisses), il est possible d'identifier les espèces ayant émis ces vocalises. Ce travail nécessite cependant une certaine expérience et une bonne connaissance des vocalises des oiseaux.

### 2.1.2 Exemples de bruit ambiant

Bruit électronique entre 7 et 7,8 kHz

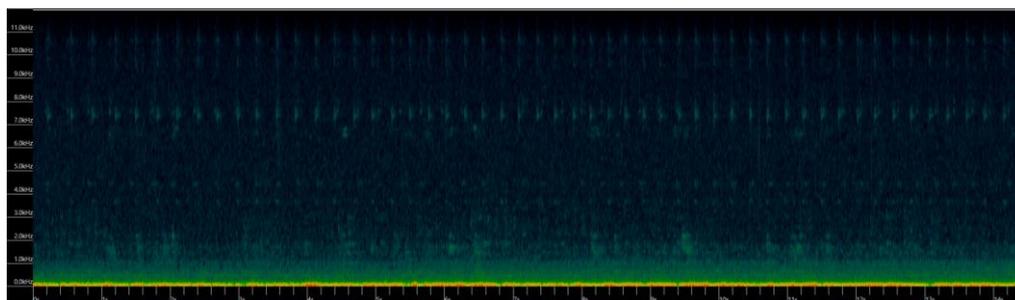


Figure 7 : exemple de sonogramme montrant un bruit électronique

Bruit électronique entre 9 et 11 kHz, entre 7 et 7,8 kHz, à 4,5 kHz et à 3,8 kHz. Bruit de fond (vent, vagues, bruit de la structure) entre 0 et 2 kHz

## 2 Exploration des données

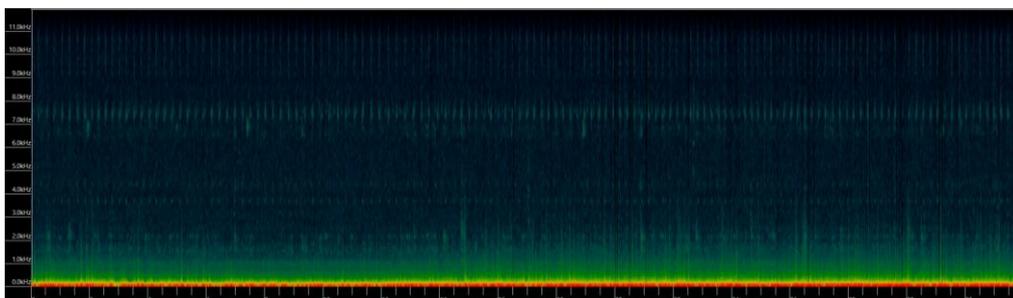


Figure 8 : exemple de sonagramme montrant différents bruits parasites

Signal saturé par le bruit ambiant (vent ou pluie) sur lequel il n'est plus possible de distinguer d'éventuels cris émis.

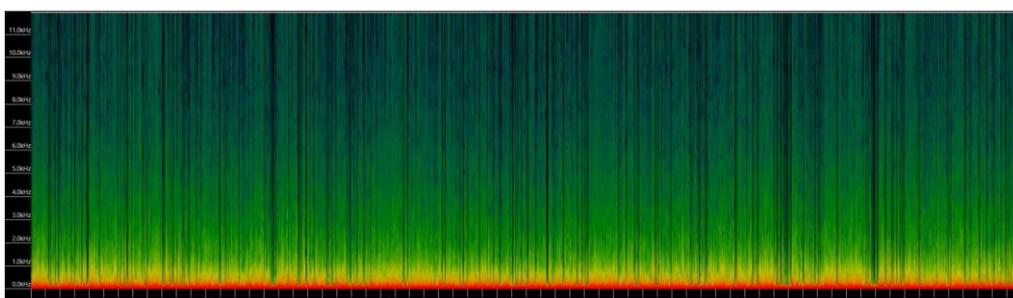


Figure 9 : exemple de sonagramme saturé par les bruits de fond

Une fois des cris d'oiseaux trouvés, des tests de détection automatisée ont été effectués.

### 2.2 Tests de détection automatisée

Des tests de détection automatisée ont été effectués pour tenter d'isoler les séquences d'intérêt.

Un premier test a été réalisé en se basant sur les critères des cris courts des passereaux migrateurs (type Gobemouche noir).

Compte-tenu des bruits ambiants présents (vent, vagues, pluie, bruits mécaniques de la plateforme et bruit électronique), la détection automatique relève trop de faux-positifs qui allongent considérablement le temps de validation. En effet, chaque cri détecté doit être visualisé sur sonagramme et souvent écouté afin de pouvoir discriminer les bruits parasites des vocalises d'oiseaux.

## 2 Exploration des données

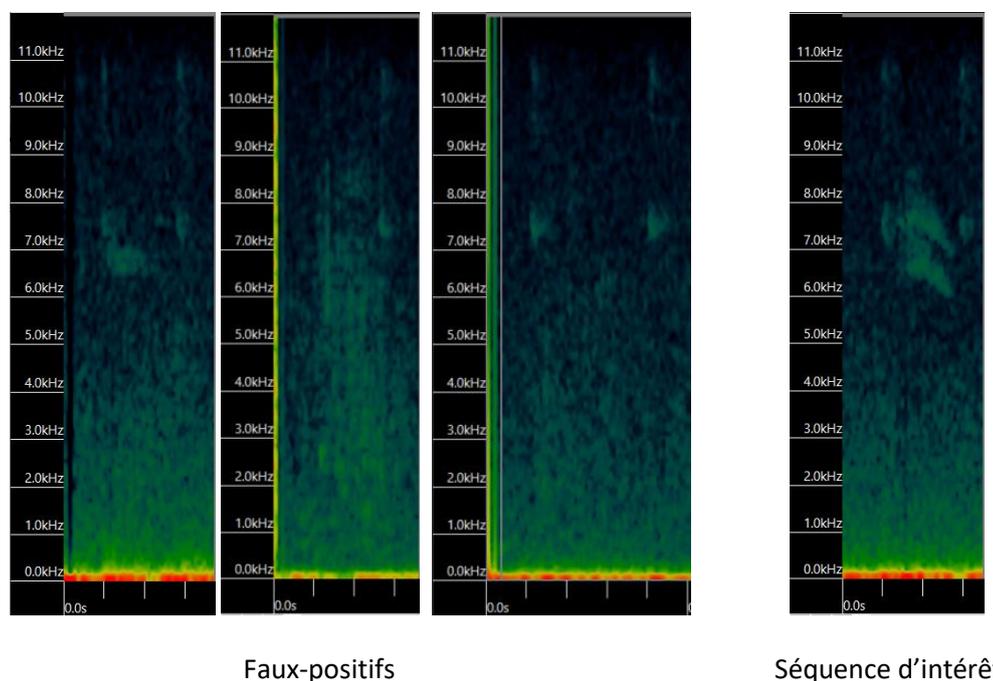


Figure 10 : exemple de faux-positifs et d'une vocalise d'oiseau

Un second type d'analyse a été testée, basée sur un regroupement de signaux de caractéristiques similaires.

Les algorithmes donnent des extractions de séquences très importantes (plusieurs centaines par heure), avec de nombreux faux-positifs.

Cette approche demande ainsi beaucoup de temps de validation, comme pour la première méthode.

Ce type d'analyse a toutefois permis de montrer une certaine réussite sur des signaux très caractéristiques, comme par exemple les cris de la Grive mauvis, permettant d'envisager une détection automatisée ciblée sur certains cris par apprentissage. Cette méthode nécessiterait cependant l'intégration d'une large base de données de cris pour toutes les espèces potentiellement concernées (sans doute plusieurs dizaines d'espèces).

## 2 Exploration des données

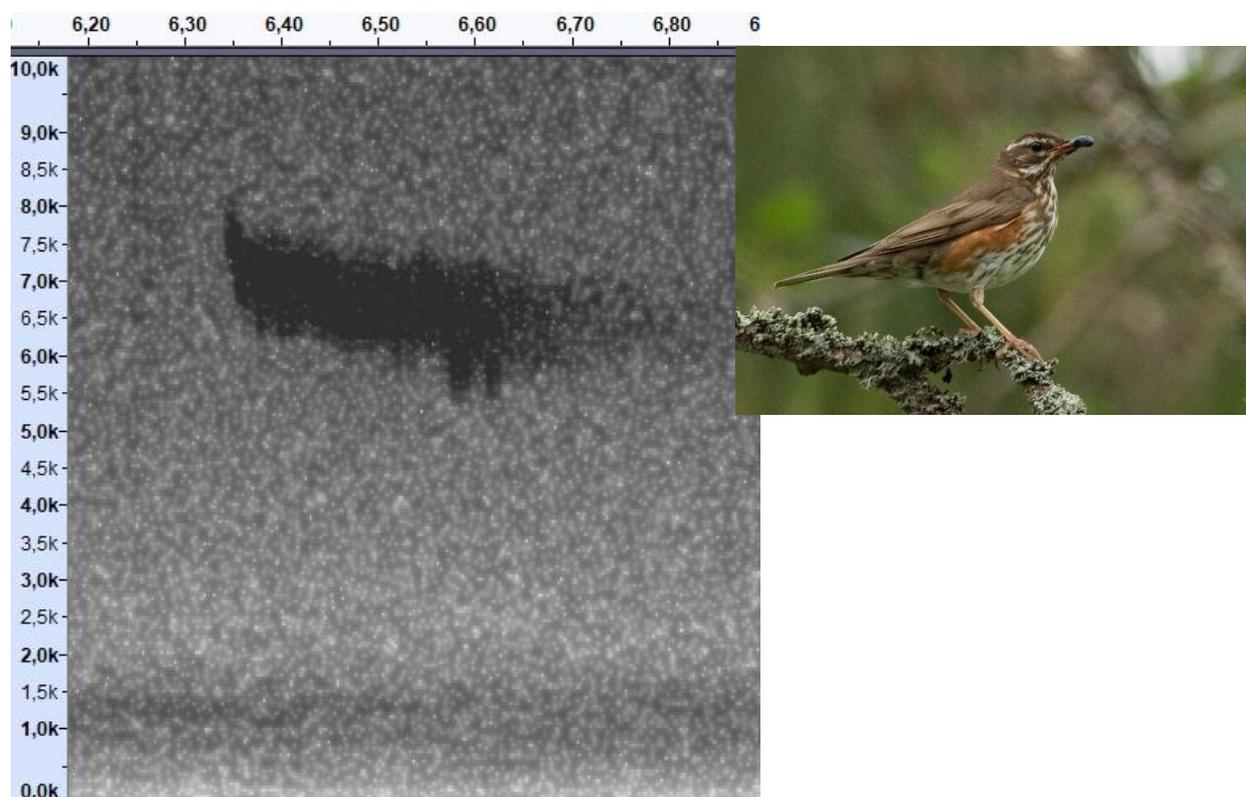


Figure 11 : exemple de sonogramme d'un cri de Grive mauvis

### 2.3 Conclusion sur la méthode

Après exploration des données, test de méthodes automatisées, recherches bibliographiques et retours d'expériences de bioacousticiens, la méthode la plus fiable, paradoxalement rapide, et actuellement majoritairement utilisée est l'analyse manuelle des sons.

La technique consiste à regarder les sonogrammes sur un logiciel de représentation fréquence/temps, et de chercher visuellement les séquences d'intérêt.

Le temps de traitement varie selon le nombre de séquences présentes dans les enregistrements, mais peut-être estimé à environ 45 minutes par nuit sans détection, à plus de 2 heures lors des nuits d'intense passage.

3

## Quelques résultats

### 3 Quelques résultats

## 1 Bruit ambiant

L'exploration des données a montré une proportion de nuits avec bruit ambiant qui semble importante, principalement dû au vent.

Ce bruit présente toutefois une variabilité importante, avec une évolution parfois marquée et brusque entre différents créneaux horaires.

Ce bruit ambiant entraîne plusieurs difficultés. Lorsqu'il est trop important, il masque alors totalement la présence éventuelle de cris. Dans certains cas, il est parfois possible de repérer des cris malgré la présence d'un bruit ambiant assez fort (dans le cas d'un bruit ambiant sur une plage de fréquence ne recouvrant pas les plages de fréquences utilisées par les oiseaux) cependant, le processus d'identification est alors rendu plus complexe puisque cela nécessite alors d'extraire les cris repérés de leur environnement bruyant par l'application de filtres via l'utilisation de logiciels de traitement du son.

## 2 Exemple d'analyses

Les données présentées ci-dessous sont des exemples d'analyses manuelles réalisées sur quelques nuits au cours desquelles des signaux d'oiseaux ont été repérés.

### 2.1 Nuit du 31 aout au 1<sup>er</sup> septembre 2020

Sur la nuit du 31 aout au 1<sup>er</sup> septembre, 13 espèces ont pu être identifiées par leur signature acoustique. Compte-tenu de la date et de la localisation de la plateforme au large, il s'agit principalement d'espèces en migration active (en vol). Seuls les cris de Laridés (goélands et mouettes) et Sternes concernent potentiellement des individus locaux en recherche alimentaire ou posés sur la plateforme.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après.

### 3 Quelques résultats

Espèce	Occurrence
Bergeronnette printanière	1
Chevalier aboyeur	1
Chevalier culblanc	2
Chevalier gambette	1
Courlis corlieu	1
Goéland argenté	3
Goéland marin	1
Goéland sp.	1
Héron cendré	3
Huîtrier pie	1
Mouette rieuse	1
Pluvier argenté	2
Rougegorge familier	4
Sterne caugék	3
<b>Total</b>	<b>25</b>

#### 2.2 Nuit partielle du 13 au 14 octobre 2020

Entre le 13 octobre 21h30 et le 14 octobre 00h30, un passage important de passereaux a été enregistré, avec notamment 237 contacts de Grives mauvis en 3 heures d'enregistrements. Ces données sont caractéristiques d'oiseaux en migration.

Espèce	Occurrence
Grive mauvis	237
Grive musicienne	8
Rougegorge familier	5
Roitelet	3
<b>Total</b>	<b>253</b>

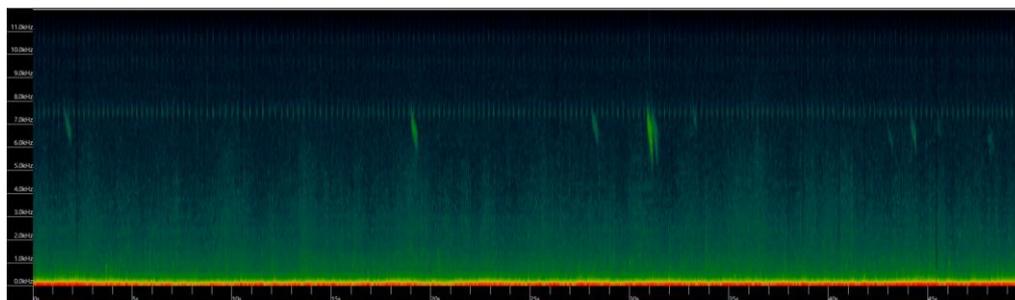


Figure 12 : exemple de sonagramme avec plusieurs cris de Grive mauvis

### 3 Quelques résultats

#### 2.3 Matin du 17 octobre

La fin de nuit du 17 octobre a été caractérisée par une activité exceptionnellement intense, avec de détections très nombreuses de Roitelets huppés associés à des Rougegorges familiers, Grives musciennes, Grives mauvis, et Pipit farlouse.

L'activité a démarré en fin de nuit (3h UTC) avec une augmentation croissante du nombre de détections jusque 06h15. Au pic d'activité, plus de 10 000 cris par heure ont été enregistrés. Il n'est toutefois pas possible de fournir une estimation du nombre d'individus concernés. En effet, pour certaines espèces, compte-tenu de leur comportement (migrateurs isolés ou grégaires, loquaces ou non...), un cri n'est pas nécessairement le reflet de la présence d'un individu. C'est pourquoi, bien souvent, le nombre de cris constitue l'unité de mesure de l'intensité du passage.

Compte-tenu de l'heure et du niveau d'activité, il est probable que les oiseaux tournaient autour du mat et/ou étaient posés sur ce dernier, en lien notamment avec des conditions météorologiques défavorables.

Il serait intéressant de rechercher d'autres événements de ce type pour mieux comprendre les causes de ces rassemblements massifs autour de structures en pleine mer.

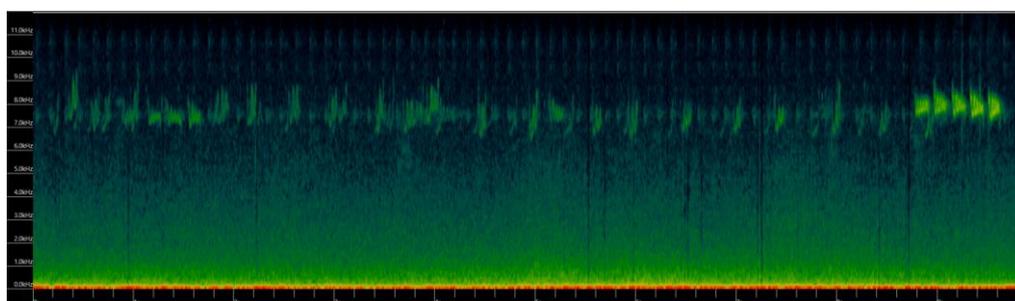


Figure 13 : exemple de sonagramme lors du pic d'activité pour le matin du 17 octobre 2020 (durée 10 sec)

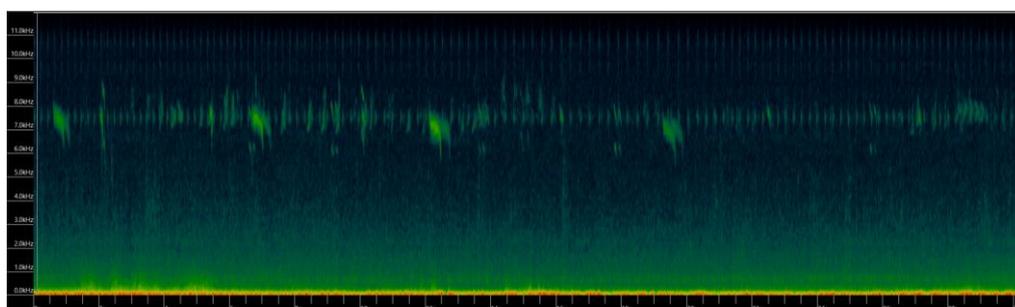


Figure 14 : autre exemple de sonagramme lors du pic d'activité pour le matin du 17 octobre 2020 (durée : 30 sec)

### 3 Quelques résultats

## 3 Exemples de sonagrammes d'oiseaux détectés

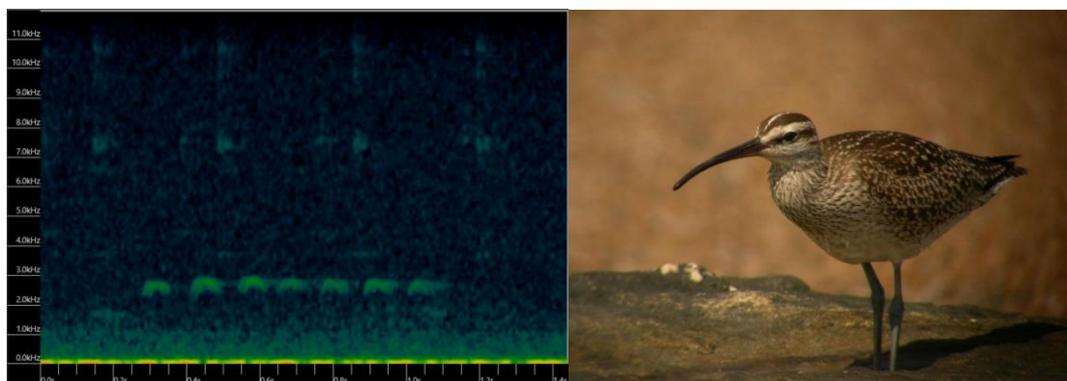


Figure 15 : sonagramme de cris de Courlis corlieu

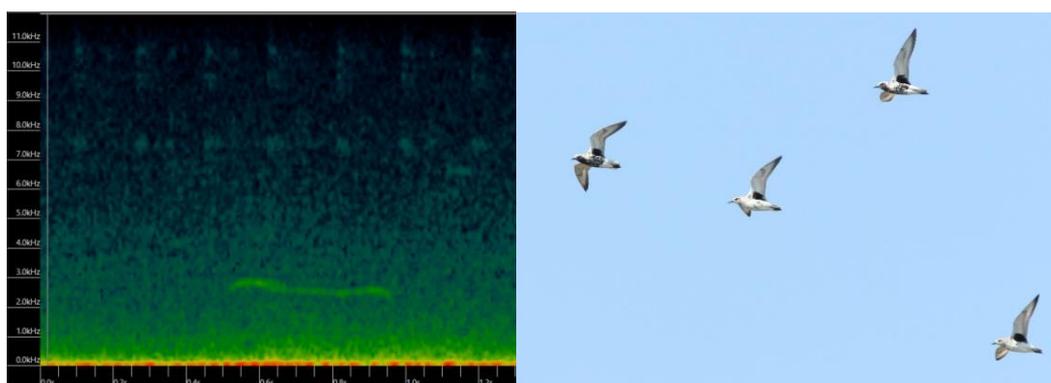


Figure 16 : sonagramme de cri de Pluvier argenté

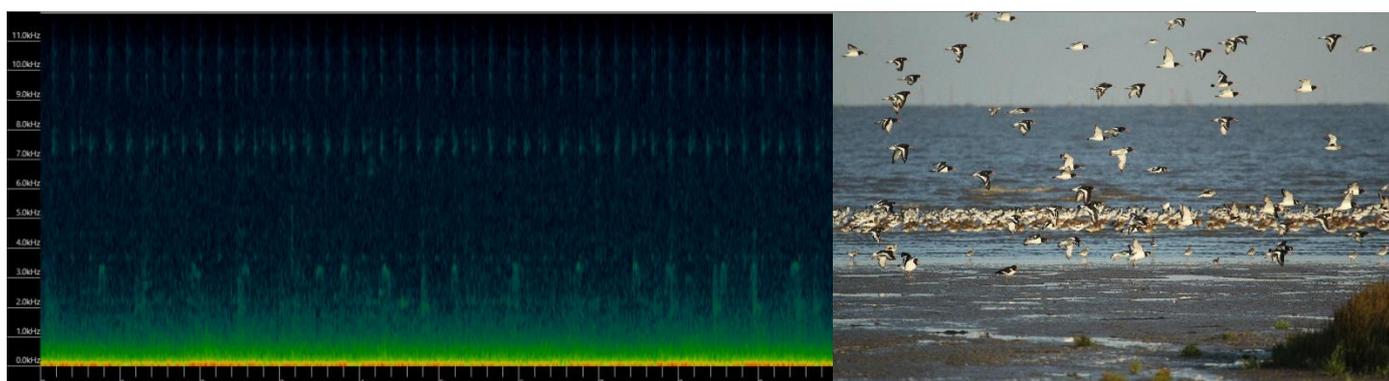


Figure 17 : sonagramme de cris d'Huîtrier-pie

### 3 Quelques résultats

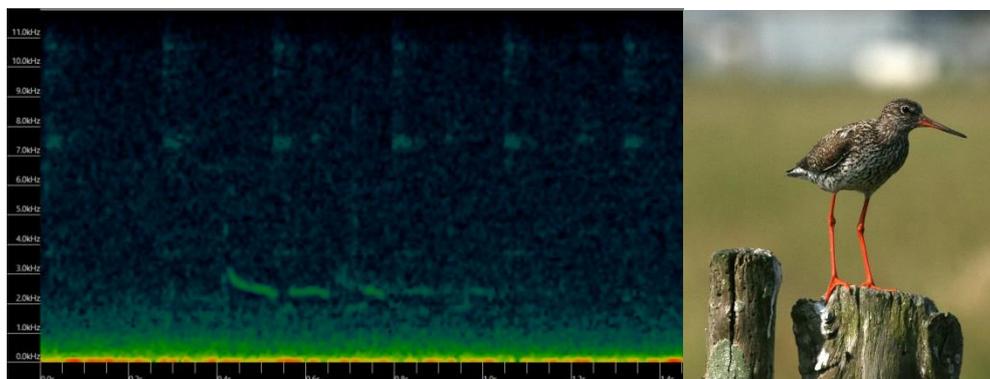


Figure 18 : sonogramme de cris de Chevalier gambette

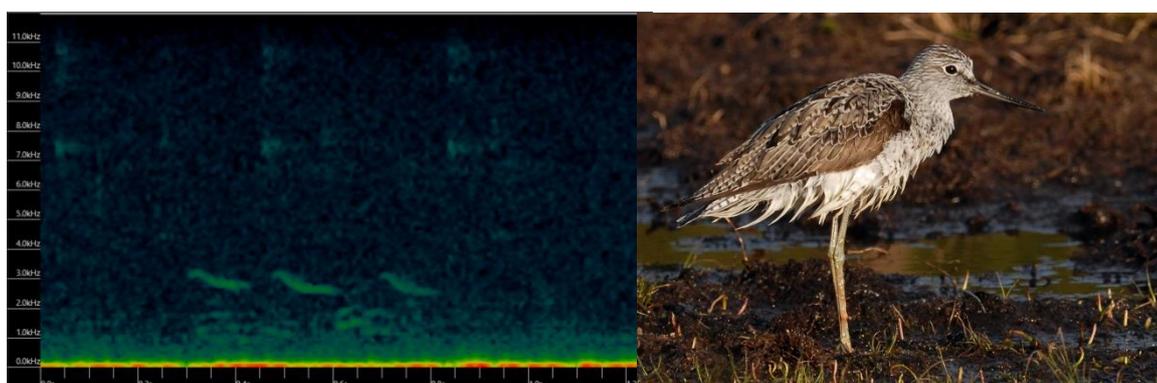


Figure 19 : sonogramme de cris de Chevalier aboyeur

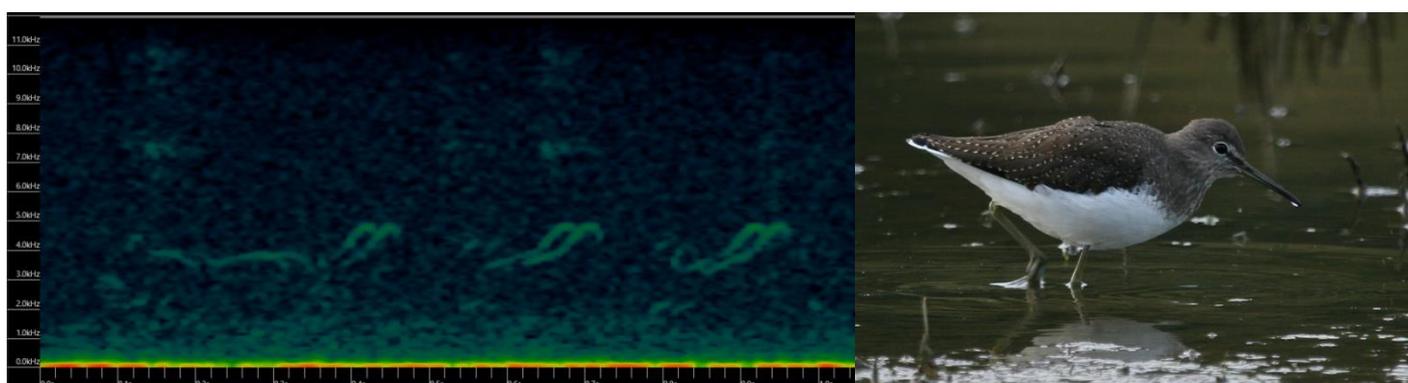


Figure 20 : sonogramme de cris de Chevalier culblanc

### 3 Quelques résultats



Figure 21 : sonogramme de cris de Chevalier guignette

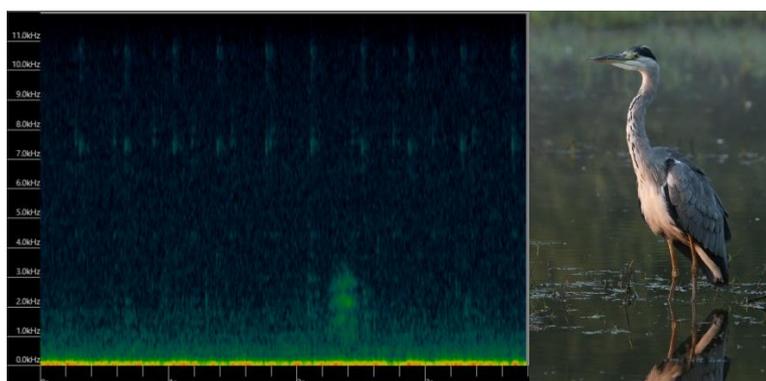


Figure 22 : sonogramme de cris de Héron cendré



Figure 23 : sonogramme de cris de Sterne caugek

### 3 Quelques résultats



Figure 24 : sonogramme de cris de Grive mauvis



Figure 25 : sonogramme de cris de Grive musicienne

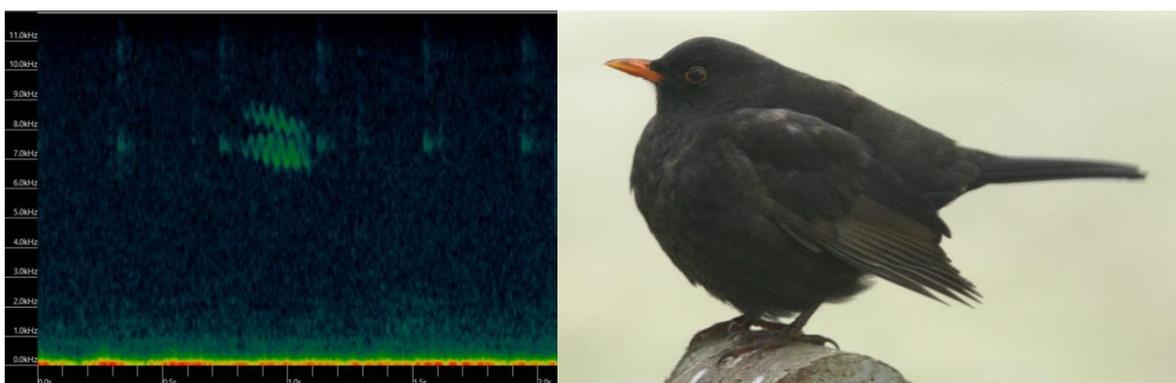


Figure 26 : sonogramme de cris de Merle noir

### 3 Quelques résultats



Figure 27 : sonagramme de cris de Rougegorge familier

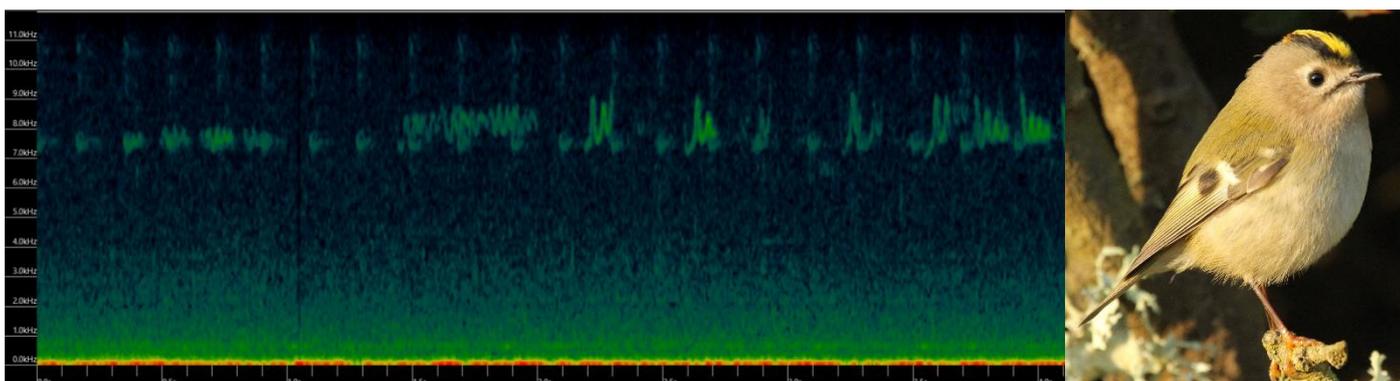


Figure 28 : sonagramme de cris de Roitelet huppé

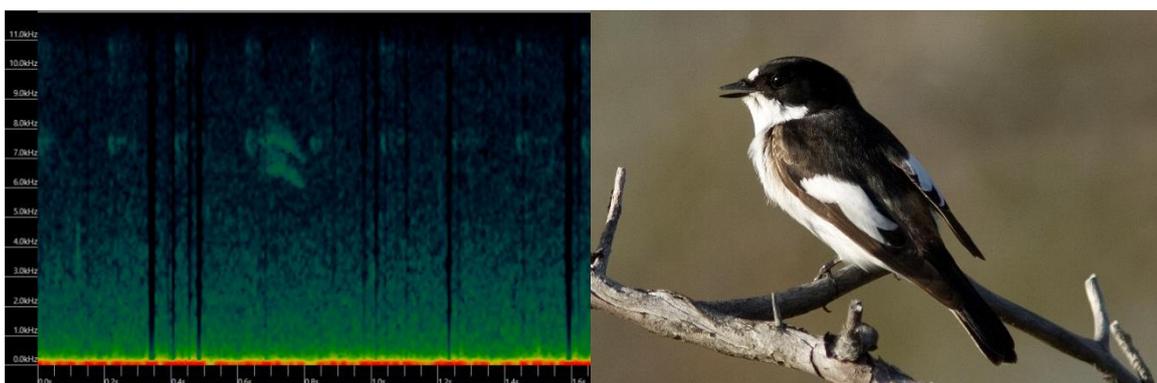


Figure 29 : sonagramme de cris de Gobemouche noir

### 3 Quelques résultats

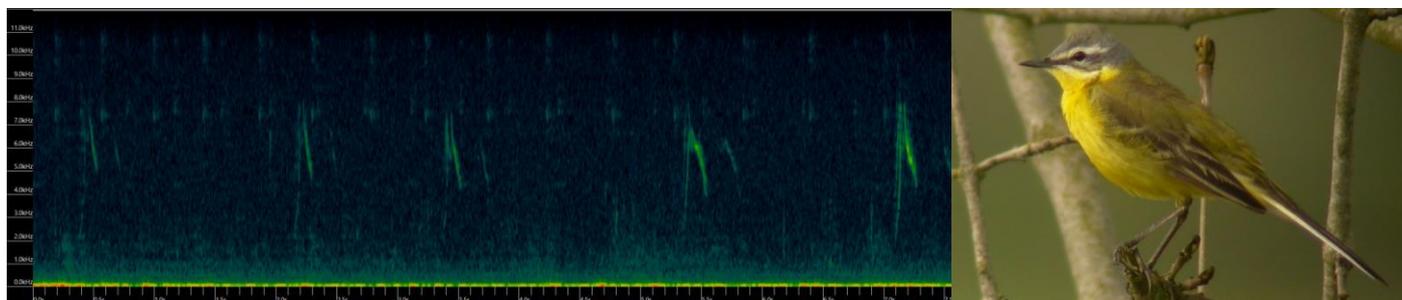
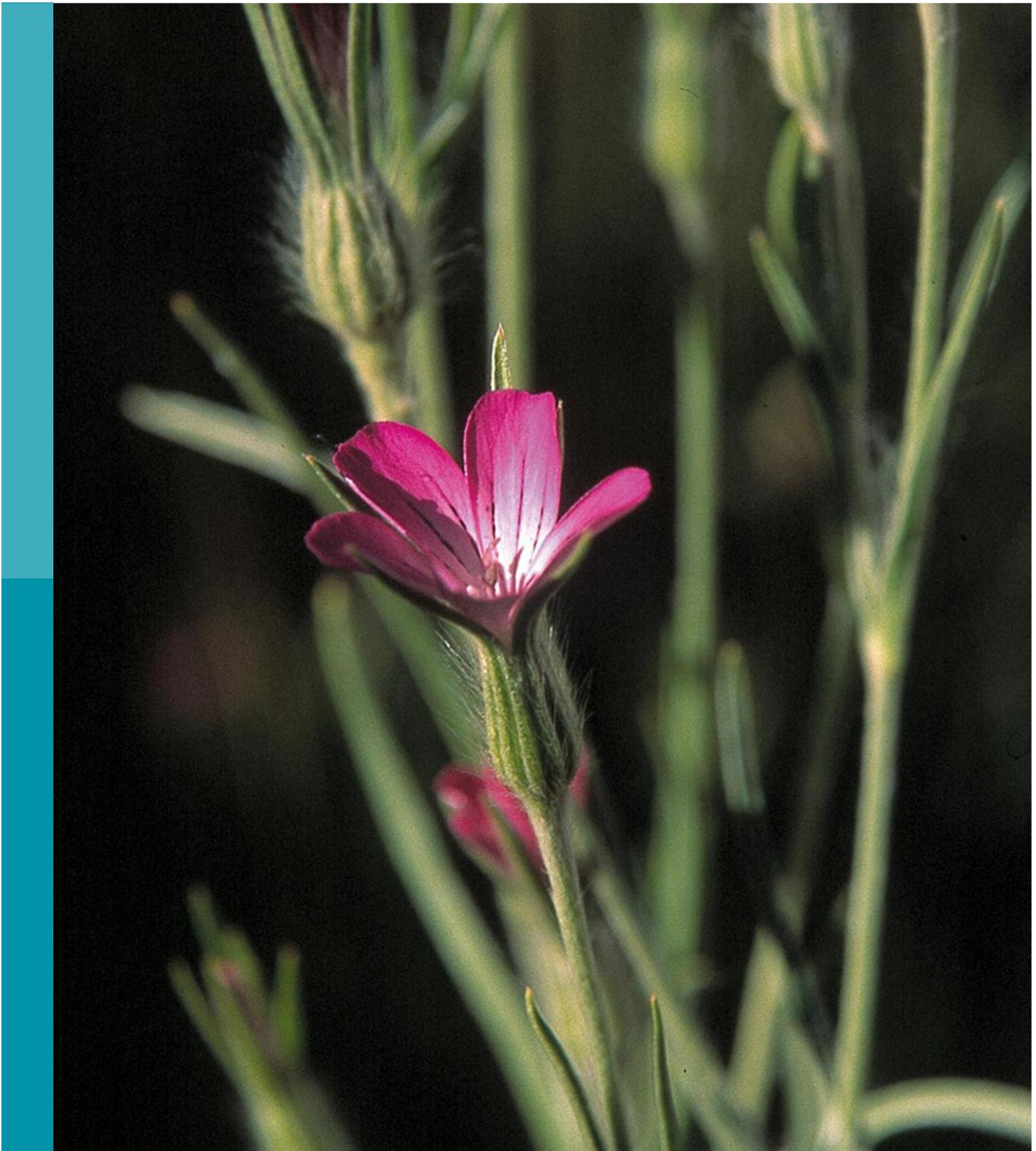


Figure 30 : sonagramme de cris de Bergeronnette printanière

## 4 Conclusion

L'étude de la migration nocturne des oiseaux par le biais d'enregistreurs acoustiques est un domaine en plein développement. A l'heure actuelle, de nombreuses solutions d'enregistrement existent, cependant ces méthodes engendrent la création d'un volume très conséquent de données lorsque le choix d'un enregistrement en continu est fait. Les outils de traitement automatisé de ces données restent toutefois encore largement en développement et le traitement manuel des enregistrements par un ornithologue est pour le moment le moyen le plus efficace et fiable de parvenir à exploiter ces données, malgré le fait qu'elle soit très chronophage.

Ces résultats préliminaires montrent que cette méthode est complémentaire des autres techniques de suivi des oiseaux (observations visuelles par bateau ou avion, suivis par radar, suivis par caméras) et permet d'apporter des éléments sur le passage d'espèces (migratrices principalement) peu, voire non observées par les méthodes de suivis ornithologiques classiques (observations visuelles). Dans le cas présent, plusieurs espèces de passereaux (Gobemouche noir, Roitelet huppé, Bergeronnette printanière, Merle noir, Grive mauvis) mais également de limicoles (Chevalier aboyeur et Chevalier culblanc) n'avaient pas été contactées lors des expertises menées dans le cadre de l'étude d'impact ou de l'état de référence du projet de parc éolien.



**Siège social :**  
22 boulevard Maréchal Foch - BP58 - F-34140 Mèze  
Tél. : +33(0)4 67 18 46 20 - Fax : +33(0)4 67 18 65 38 - [www.biotope.fr](http://www.biotope.fr)